

PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER dan TEKNIK PERANCANGAN SISTEM KONTROL

(Iwan Setiawan)

(ISBN : ISBN 979-763-099-4, Penerbit Andi Yogyakarta, 2006)

Deskripsi Buku:

Hampir tidak dapat disangkal lagi bahwa PLC dewasa ini telah memegang peranan penting dalam sistem kontrol yang umum terjadi di Industri. Aplikasi PLC ini dapat kita jumpai pada berbagai industri modern, mulai dari sistem pembangkitan tenaga, Pengecetan mobil, pengeboran, sampai industri pengepakan makanan.

Buku ini mencoba membahas berbagai aspek yang berkaitan dengan PLC beserta aplikasinya dengan mengambil contoh-contoh persoalan nyata yang umum dijumpai di industri dan kehidupan sehari-hari.

Secara umum pembahasan pada buku ini tidak mengacu pada merk atau tipe PLC tertentu, hal ini dilakukan agar pembaca mendapatkan gambaran yang luas tentang PLC dan tidak terpaku pada salah satu merk PLC saja. Walaupun demikian penggunaan beberapa instruksi PLC dengan mengacu pada vendor tertentu pada buku ini tidak dapat dihindari, hal tersebut dikarenakan nama instruksi untuk fungsi yang sama dapat berbeda untuk setiap vendor PLC. Dengan alasan kemudahan dan kesederhanaan, maka secara khusus pembahasan fungsi diluar simbol relay dan kontaktornya, seperti fungsi-fungsi yang berkaitan dengan timer, counter dan sebagainya secara intensif akan mengacu pada PLC keluaran perusahaan LG yang cukup populer di pasaran. Tetapi dengan pertimbangan bahwa PLC merk OMRON juga banyak digunakan di industri, maka dalam tulisan ini dibahas pula instruksi – instruksi PLC OMRON secara singkat dalam box catatan.

Buku ini ditujukan terutama untuk mahasiswa Teknik yang mengambil mata kuliah yang berkaitan dengan bidang kontrol proses dan otomatisasi (di teknik Elektro Undip nama mata kuliahnya adalah Sistem Kontrol Manufacturing yang penulis ampu), selain itu juga sangat bermanfaat bagi para praktisi bidang otomatisasi sebagai bahan penyegaran serta siapa saja yang tertarik untuk mempelajari subjek ini.

Pada dasarnya tidak ada syarat latar belakang pengetahuan khusus untuk dapat memahami buku ini. Materi pada buku ini disusun dengan menyeimbangkan pembahasan aspek perangkat keras PLC dan pemrogramannya, selain itu diperkaya juga oleh contoh-contoh soal beserta penyelesaiannya dalam berbagai bidang kontrol.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar

Daftar Isi

Bab I Pengenalan PLC

1.1 Sejarah dan perkembangan PLC	1
1.2 Prinsip Kerja PLC	4
1.3. Perbandingan PLC dengan jenis Kontroller lainnya	8
• PLC versus kontrol Relay	8
• PLC versus Mikrocontroller	9
• PLC versus Personal Computer (PC)	9
1.4. Diagram Ladder dan PLC	10
1.5. Simbol-simbol Kontaktor pada PLC	14
1.6. Contoh-Contoh Soal dan Penyelesaian	18
1.7. Soal-Soal	42

Bab 2 Perangkat Keras PLC serta Pendukungnya

2.1. Prosesor	47
2.2. Unit Power Supply	49
2.3. Perangkat Pemrograman	50
• Miniprogrammer	50
• Personal Computer	51
2.4. memori	53
2.4.1. Struktur dan Kapasitas Memori	53
2.4.2. Organisasi dan Interaksi Memori dengan Sistem Input/Output	55
2.4.3. Pemetaan memori Praktis Pada PLC	59
2.5. Contoh-Contoh Soal dan Penyelesaian	60
2.6. Soal – Soal	64

Bab 3 Koneksi Peralatan dengan Modul Input/Output Diskret Pada PLC

3.1. Jenis Input PLC	65
3.1.1. Input Tegangan DC	67
3.1.2. Input Tegangan AC	68
3.1.3. Input Tegangan DC/AC	69
3.2. Jenis Output PLC	70
3.2.1. Output Jenis Relay	70
3.2.2. Output Jenis Transistor	72
3.2.3. Output Jenis Triac	73
3.3. Modul Input/output Praktis pada PLC	73
3.4. Peralatan/Sensor Tiga Terminal	75
3.4.1. Sourcing Sensor	75
3.4.2. Sinking Sensor	76
3.5. Contoh-Contoh Soal dan Penyelesaian	77
3.6. Soal-Soal	79

Bab 4 Komponen Latch, Timer, Counter, dan Fungsi-fungsi Penting Pada PLC

4.1. Latch	83
4.2. Timer	84
4.3. Counter	86
4.4. MCR (Master Control Relay)	88
4.5. Fungsi-fungsi Penting Lainnya	91
• Differensial Up dan Differensial Down	91
• ADD	92
• Subtract (SUB)	93
• Compare (CMP)	93
• END	94
4.6. Contoh-contoh Soal dan Penyelesaian	94
4.7. Soal-Soal	103

Bab 5 Konsep Logika dan Perancangan Program PLC Dasar

5.1. Konsep Bilangan Biner	105
5.2. Fungsi-fungsi Logika Dasar	106
5.3. Aljabar Boolean	109
5.4. Perancangan Diagram Ladder berdasarkan Tabel Kebenaran	112
5.5. Penyederhanaan Logika Program dengan Peta Karnaugh	113
5.6. Contoh-contoh Soal dan Penyelesaian	116
5.7. Soal-soal	122

Bab 6 Perancangan Diagram Ladder dengan Menggunakan pendekatan Diagram Alir

6.1. Implementasi Ladder PLC dengan Blok-blok Logika	127
6.2. Implementasi Ladder PLC dengan Metode Aliran Bit	133
6.3. Soal-soal	136

Bab 7 Perancangan Diagram Ladder dengan Pendekatan Diagram Keadaan

7.1. Implementasi ladder PLC dengan Blok Logika	142
7.2. Implementasi Ladder PLC dengan Persamaan Transisi State	146
7.3. Contoh-contoh Soal dan Penyelesaian	149
7.4. Soal-soal	169

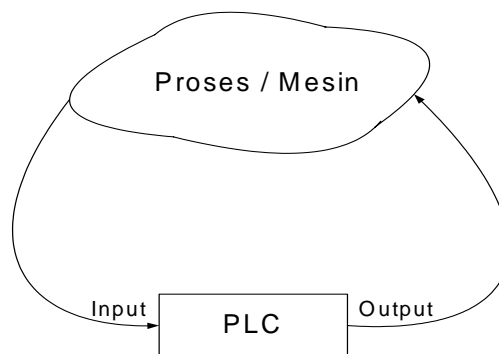
Bab 8 Elemen-elemen umum serta aspek Keamanan Dalam Perancangan Diagram Ladder

8.1. Konsep dan Elemen Dasar Penyusun Diagram Ladder	173
8.2. Pertimbangan-Pertimbangan Aspek Safety pada Perancangan Diagram Ladder dan Sistem Kontrol	178
8.3. Beberapa Contoh Studi kasus lain pada Perancangan Diagram Ladder dengan Memperhitungkan Aspek-Aspek Keamanan	181
8.4. Ringkasan Pertimbangan Aspek-aspek keamanan dalam Perancangan	185

Deskripsi materi tiap-tiap bab:

BAB 1 PENGENALAN PLC DAN DIAGRAM LADDER

Programmable Logic Controller (PLC) pada dasarnya adalah sebuah komputer yang khusus dirancang untuk mengontrol suatu proses atau mesin. Proses yang dikontrol ini dapat berupa regulasi variabel secara kontinyu seperti pada sistem-sistem servo atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (On/Off) saja tapi dilakukan secara berulang-ulang seperti umum kita jumpai pada mesin pengeboran, sistem konveyor, dan lain sebagainya. Gambar 1.1 berikut memperlihatkan konsep pengontrolan yang dilakukan oleh sebuah PLC.



Gambar 1.1. Diagram konseptual aplikasi PLC

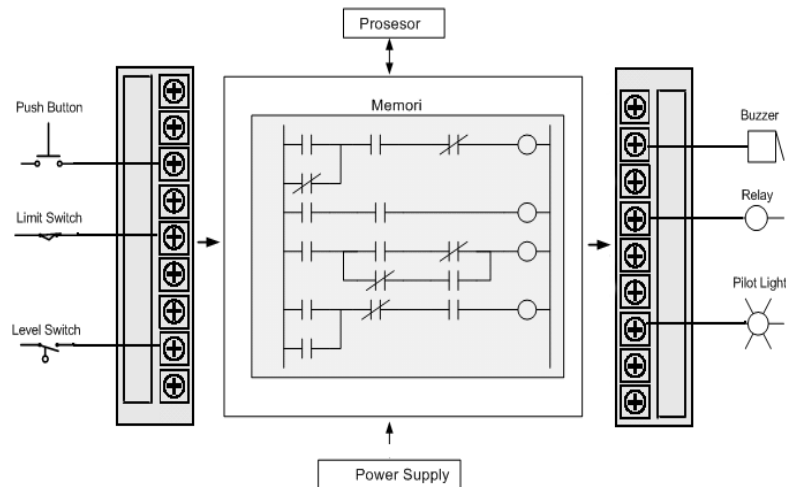
Walaupun istilah PLC secara bahasa berarti pengontrol logika yang dapat diprogram, tapi pada kenyataannya PLC secara fungsional tidak lagi terbatas pada fungsi-fungsi logika saja. Sebuah PLC dewasa ini dapat melakukan perhitungan-perhitungan aritmatika yang relative kompleks, fungsi komunikasi, dokumentasi dan lain sebagainya (Sehingga dengan alasan ini dalam beberapa buku manual, istilah PLC sering hanya ditulis sebagai PC - *Programmable Controller* saja).

Dalam bab ini kita akan membahas PLC secara umum dimulai dari sejarah dan perkembangan PLC, prinsip kerja, perbandingan PLC dengan jenis kontroler lainnya dan terakhir yang paling penting adalah materi diagram ladder. Pembahasan mengenai diagram ladder ini akan meliputi diagram ladder elektromekanis serta diagram ladder format PLC-nya. Untuk mempercepat pemahaman, beberapa teori yang berkaitan dengan komponen-komponen penyusun diagram ini secara khusus akan diberikan dalam contoh-contoh soal yang cukup beragam. Perlu ditekankan disini, contoh soal yang diberikan pada dasarnya tidak ditujukan secara langsung untuk tujuan perancangan, tetapi semata-mata sebagai latihan menganalisis prinsip kerja sistem kontrol dalam bentuk diagram ladder.

BAB 2

PERANGKAT KERAS PLC SERTA PENDUKUNGNYA

Sebagaimana telah sedikit disinggung pada bab sebelumnya, Perangkat keras PLC pada dasarnya tersusun dari empat komponen utama berikut: Prosesor, Power supply, Memori dan Modul Input/Output. Secara fungsional interaksi antara ke-empat komponen penyusun PLC ini dapat diilustrasikan pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1. Interaksi Komponen-komponen sistem PLC

Dalam hal ini prosesor akan mengontrol peralatan luar yang terkoneksi dengan modul output berdasarkan kondisi perangkat input serta program ladder yang tersimpan pada memori PLC tersebut.

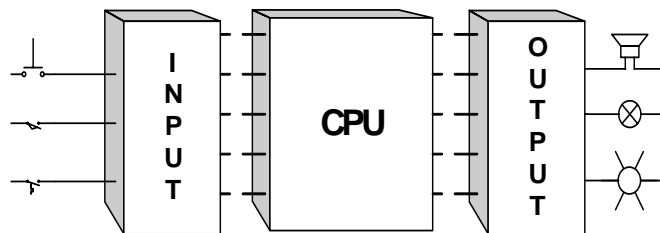
Dalam bab ini selain akan dibahas ke-empat komponen diatas secara praktis, kita juga akan meninjau secara sekilas Miniprogramer dan PC sebagai komponen pemrograman PLC. Khusus materi yang berkaitan dengan memori, dalam bab ini kita akan membahasnya secara lebih detail, hal ini dikarenakan pengetahuan memori dan pemetaannya merupakan salah satu dasar yang paling penting dalam memprogram PLC secara benar dan efisien.

Walaupun secara umum pemetaan memori PLC relative sama, tapi secara teknis ada beberapa perbedaan (terutama istilah) untuk setiap PLC dari vendor yang berbeda. Pada bagian akhir bab ini kita akan melihat dan membandingkan pemetaan praktis dua buah PLC jenis mikro dengan vendor yang berbeda (Sebagai studi kasus, disini dipilih PLC produk perusahaan OMRON dan PLC produk LG).

BAB 3

KONEKSI PERALATAN DENGAN MODUL INPUT/OUTPUT DISKRET PADA PLC

Sistem input/output diskret pada dasarnya merupakan antarmuka yang mengkoneksikan *central processing unit* (CPU) dengan peralatan input/output luar. Lewat sensor-sensor yang terhubung dengan modul ini, PLC mengindra besaran-besaran fisik (posisi, gerakan, level, arus, tegangan) yang terasosiasi dengan sebuah proses atau mesin. Berdasarkan status dari input dan program yang tersimpan di memori PLC, CPU mengontrol perangkat luar yang terhubung dengan modul output seperti diperlihatkan kembali pada gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1. Diagram blok CPU dan modul input/ouput

Secara fisik rangkaian input/output dengan unit CPU tersebut terpisah secara kelistrikan, hal ini untuk menjaga agar kerusakan pada peralatan input/output tidak menyebabkan hubung singkat pada unit CPU. Isolasi rangkaian modul dari CPU ini umumnya menggunakan rangkaian optocoupler.

Dalam bab ini kita akan membahas jenis-jenis modul input/output diskret yang umum dijumpai pada sebuah PLC, serta bagaimana mengkoneksikan peralatan dengan modul tersebut. Pada bagian terakhir, kita juga akan membahas sensor jenis Transistor (dikenal juga dengan istilah *sourcing/sinking sensor*) dan cara mengkoneksikannya dengan PLC.

Pemahaman materi yang dijelaskan pada bab ini sangat penting, mengingat setiap modul input/output ini memiliki keterbatasan dan kelebihan masing-masing, sehingga jika kita akan membeli sebuah PLC, Unit yang kita pilih benar-benar tepat untuk aplikasi yang kita rancang.

BAB 4

KOMPONEN LATCH, TIMER, COUNTER, DAN FUNGSI-FUNGSI PENTING PADA PLC

Seiring dengan bertambahnya kompleksitas proses yang akan dikontrol, maka kebutuhan akan program yang sifatnya canggih tentunya juga semakin meningkat. Dewasa ini banyak proses-proses di industri yang secara praktis membutuhkan program yang mampu

mendukung fungsi-fungsi tambahan diluar fungsi relay sebagai komponen standar sebuah diagram ladder.

Dengan perkembangan perangkat keras dan perangkat lunak PLC yang begitu luar biasa, Dewasa ini hampir semua PLC praktis yang beredar dipasaran telah dilengkapi dengan berbagai instruksi yang sangat beragam. Jenis instruksi pada PLC ini pada dasarnya dapat kita katagorikan kedalam beberapa kelompok berikut ini:

- Kelompok instruksi dasar : instruksi – instruksi yang termasuk katagori ini merupakan instruksi dasar logika, seperti NOT, AND, dll.
- Kelompok instruksi Perbandingan (*Comparison*): instruksi-instruksi yang termasuk katagori ini berkaitan dengan operasi-operasi perbandingan.
- Kelompok instruksi Timer/Counter: Instruksi-instruksi yang berkaitan dengan operasi timer dan counter
- Kelompok instruksi Aritmatika: instruksi-instruksi untuk operasi aritmatika
- Kelompok instruksi operasi Logika: Instruksi-instruksi untuk mengeksekusi operasi-operasi logika
- Kelompok instruksi Rotasi/Geser : Instruksi-instruksi yang berkaitan dengan operasi penggeseran dan rotasi data
- Kelompok instruksi Konversi: Instruksi-instruksi yang berkaitan dengan pengubahan tipe data
- Kelompok instruksi Manipulasi Data: Instruksi-instruksi yang berkaitan dengan manipulasi data
- Kelompok instruksi Transfer Data: Instruksi-instruksi yang berkaitan dengan transfer, penyalinan, dan pertukaran data
- Kelompok instruksi Lompat/Interupsi: Instruksi-instruksi yang berkaitan dengan operasi lompat dan interupsi.
- Kelompok instruksi Sistem: Instruksi-instruksi yang berkaitan dengan deteksi kesalahan
- Kelompok instruksi Komunikasi: Instruksi-instruksi yang berkaitan dengan pertukaran data dengan perangkat luar lewat komunikasi serial

Secara khusus pada bab ini kita akan membahas komponen-komponen *soft* PLC seperti timer, counter internal serta fungsi penting lain yang banyak digunakan dalam aplikasi sistem kontrol sekuensial di industri.

Karena nama-nama fungsi yang berkaitan dengan komponen-komponen tersebut sangat spesifik untuk setiap vendor PLC, maka untuk memudahkan pembahasan, dalam bab ini penjelasannya akan mengacu pada salah satu merk PLC saja yaitu PLC produk dari LG dan sebagai bahan perbandingan, disini akan diberikan juga instruksi padanannya dalam format PLC OMRON dalam box catatan (jika ada). Untuk mempercepat pemahaman tentang materi ini, maka sebaiknya kita mencoba memprogramnya secara langsung dalam perangkat lunak pemrograman PLC merk LG yaitu KGL (dapat didownload pada alamat situs <http://www.lgis.lg.co>. Atau menghubungi penulis lewat e-mail dengan alamat iwan@elektro.ft.undip.ac.id)

BAB 5

KONSEP LOGIKA

DAN PERANCANGAN PROGRAM PLC DASAR

Operasi kontrol sekuensial yang umum dijumpai di industri pada dasarnya hanya tersusun dari fungsi-fungsi kombinasi logika sederhana berikut: AND, OR dan NOT. Tergantung pada proses yang akan dikendalikan, kombinasi fungsi logika tersebut bersama-sama dengan timer dan counter atau fungsi lainnya (kalau ada) akan membentuk rangkaian logika kontrol yang diharapkan.

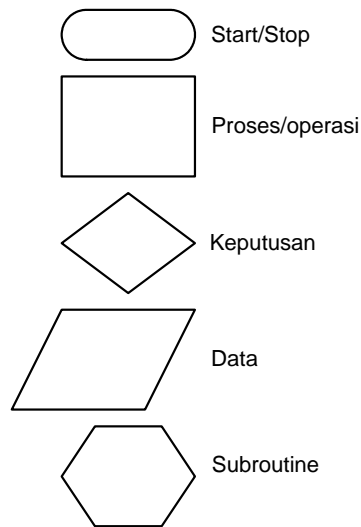
Khusus dalam bab ini, kita hanya akan membahas fungsi-fungsi logika dasar serta representasi diagram ladder PLC-nya pada sistem kontrol kombinatorial saja. Sifat dari sistem kombinatorial ini adalah output sistem kontrol pada saat tertentu hanya tergantung input sistem kontrol saat itu juga, sehingga analisis dan perancangannya pun relatif lebih mudah. Sedangkan output sistem kontrol sekuensial pada satu saat selain tergantung pada input saat itu, juga tergantung pada input-input sebelumnya, sehingga analisis dan perancangannya pun relatif lebih sukar. Dengan alasan ini maka pembahasan dan perancangan sistem kontrol sekuensial akan kita tunda sampai bab selanjutnya.

Kecuali disebutkan secara jelas, dalam bab ini representasi diagram ladder PLC untuk sebuah rangkaian gerbang kombinatorial tertentu akan selalu mengasumsikan peralatan atau sensor yang terhubung dengan modul input PLC tersebut memiliki tipe atau jenis NO. Hal ini penting untuk ditekankan disini, karena secara praktis peralatan atau sensor yang terhubung ini dapat memiliki salah satu tipe berikut: NO atau NC.

BAB 6.

PERANCANGAN DIAGRAM LADDER DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN DIAGRAM ALIR

Diagram alir (*Flowchart*) pada dasarnya adalah suatu metoda untuk menggambarkan aliran proses suatu operasi. Berdasarkan sifatnya, diagram ini sangat cocok diimplementasikan dengan menggunakan algoritma yang ditulis dengan menggunakan komputer baik menggunakan bahasa aras rendah (misal assembler) maupun bahasa aras tinggi (misalnya Pascal, C dan lain sebagainya). Gambar 6.1 dibawah ini memperlihatkan simbol-simbol yang umum digunakan dalam sebuah diagram alir.



Gambar 6.1. Simbol-simbol flowchart

Dalam kaitannya dengan penggunaan simbol-simbol tersebut, tidak seperti pada perancangan perangkat lunak untuk sistem-sistem basis data, pengolahan kata, dan aplikasi komputer lainnya, Diagram alir yang digunakan untuk menggambarkan sebuah proses kontrol pada umumnya tidak selalu harus diakhiri oleh blok atau simbol Stop (*endless*). Karena berdasarkan sifatnya, sistem-sistem kontrol yang diimplementasikan dalam perangkat keras (dalam hal ini misal PLC) harus selalu dalam keadaan *stand by* :siap menunggu perintah, jika misalnya perintah telah selesai dilaksanakan maka sistem tersebut tidak otomatis berhenti, tetapi umumnya kembali lagi pada keadaan *stand by* atau keadaan menunggu lagi. Hal tersebut banyak kita jumpai pada perangkat-perangkat sistem kontrol seperti mesin ATM, mesin Antrian, Lift, Konveyor dan lain sebagainya.

Walaupun diagram alir sangat cocok digunakan untuk menggambarkan sebuah aliran proses, pengimplementasian diagram alir ini kedalam bentuk diagram laddernya tidak dapat dilakukan secara langsung tanpa menggunakan pendekatan-pendekatan sistematis dan terstruktur. Hal ini dikarenakan sifat kedua diagram tersebut jelas-jelas berbeda (diagram alir prosesnya memiliki sifat serial, sedangkan diagram ladder memiliki sifat paralel)

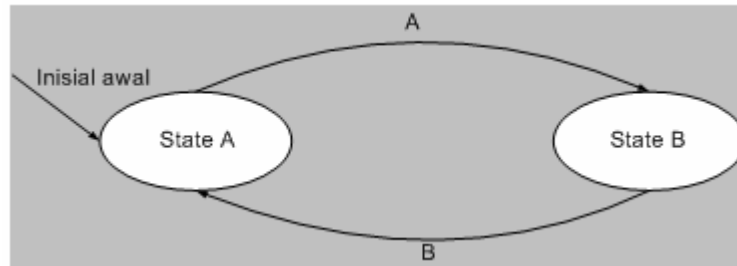
Dalam bab ini kita akan membahas pengimplementasian diagram alir ini ke dalam bentuk diagram laddernya dengan menggunakan pendekatan-pendekatan yang sangat terstruktur: (1)

pendekatan blok-blok logika dan (2) pendekatan aliran bit. Seperti akan terlihat nanti. Pendekatan-pendekatan ini akan selalu menghasilkan jumlah anak tangga yang relatif besar.

BAB 7.

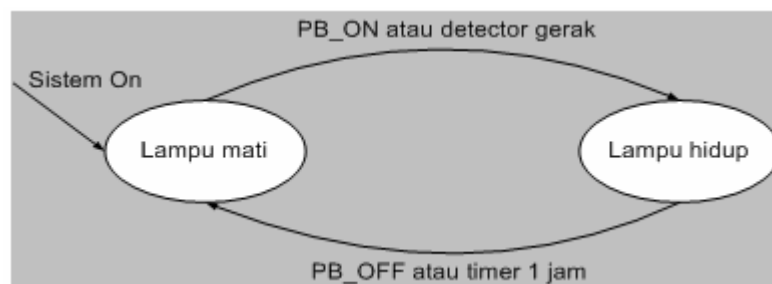
PERANCANGAN DIAGRAM LADDER DENGAN PENDEKATAN DIAGRAM KEADAAN

Diagram Keadaan (State diagram) pada dasarnya adalah salah satu metoda untuk menggambarkan proses operasi sebuah sistem. Sistem berbasis keadaan dapat digambarkan dengan keadaan-keadaan sistem tersebut dan transisi diantaranya (transisi ini terjadinya hanya sesaat). Gambar 7.1 dibawah ini memperlihatkan contoh diagram state sederhana, dimana diagram tersebut memiliki dua buah keadaan yaitu State A dan State B. Jika sistem tersebut berada dalam keadaan State A dan terjadi masukan A maka sistem akan bertransisi menuju State B, dan sebaliknya jika sistem ada dalam state B kemudian terjadi masukan B maka sistem akan menuju State A. Secara praktis perancangan berbasis state ini juga umumnya membutuhkan masukan awal (inisial) yang berfungsi untuk memicu sistem menuju salah satu state yang dikehendaki. Untuk kasus sistem kontrol dengan PLC, sebagai masukan pemicu umumnya dipilih special bit First Scanning (FS) sedangkan jika implementasinya menggunakan diagram ladder elektromekanis, masukan pemicu dapat dipilih sebuah tombol atau masukan luar lainnya.



Gambar 7.1. Contoh diagram State sederhana

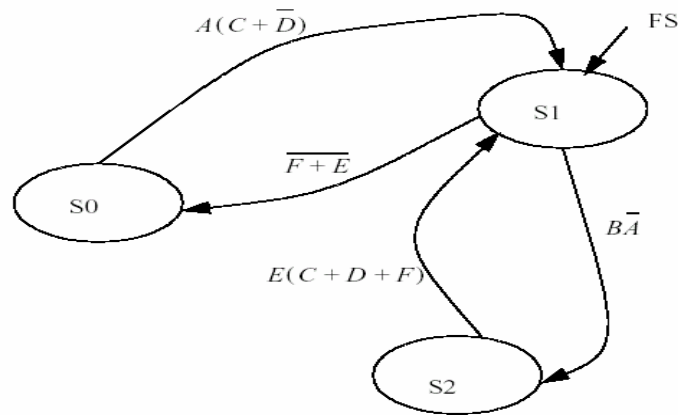
Bentuk diagram state seperti terlihat pada gambar 7.1 diatas dapat saja menggambarkan sebuah sistem kontrol lampu otomatis seperti terlihat pada gambar 7.2 dibawah ini:



Gambar 7.2. Diagram State kontrol lampu otomatis

Berdasarkan gambar 7.2 tersebut terlihat bahwa ketika sistem kontrol dihidupkan (sistem on), maka sistem akan menuju state Lampu mati. Jika PB_ON ditekan atau terdeteksi adanya gerakan, maka sistem akan bertransisi menuju State Lampu hidup. Ketika sistem sekarang berada di State Lampu hidup dan waktu satu jam telah berlalu (timer 1 jam) atau PB_OFF ditekan maka sistem sekarang akan menuju state Lampu mati, dan seterusnya.

Secara teknis, transisi state yang ditunjukkan oleh tanda panah umumnya dipicu oleh kombinasi masukan-masukan sistem tersebut sedangkan keluaran sistem untuk setiap state tidak ditulis dalam diagram tersebut tetapi diberikan dalam sebuah tabel lain. Seperti terlihat pada contoh gambar 7.3 dibawah:



(a)

State	P	Q	R
S0	0	1	1
S1	1	0	1
S2	1	1	0

(b)

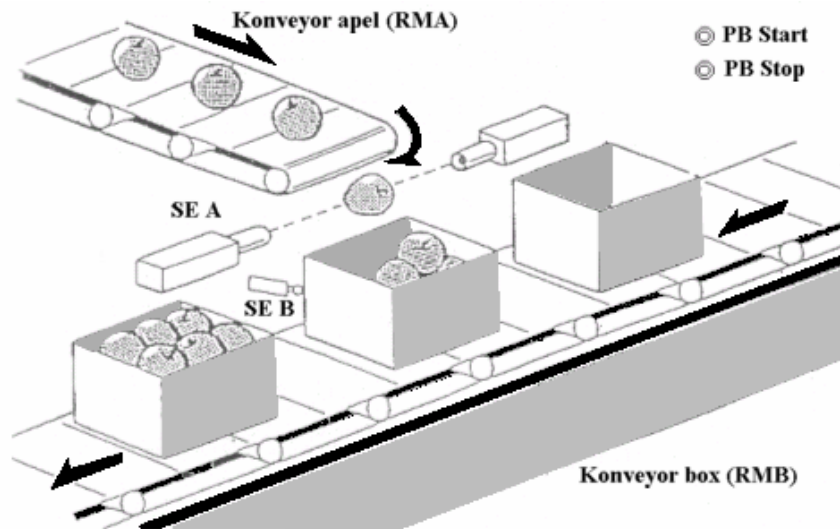
Gambar 7.3. Contoh diagram State beserta kombinasi outputnya

Terlihat dari gambar diatas, bahwa sistem kontrol tersebut memiliki enam buah masukan (A,B,C,D,E dan F) dan tiga buah state (S0, S1 dan S2). Setiap transisi antara state dipicu oleh kombinasi dari masukan-masukannya (misal jika sistem tersebut berada pada state S2 dan terjadi kombinasi masukan E(C+D+F), maka sistem tersebut sekarang akan bertransisi menuju S1, jika tidak maka sistem tersebut akan tetap berada di state S2. Sedangkan tabel dibawahnya (gambar 7.3(b)) menunjukkan kombinasi output yang mungkin terjadi untuk setiap state tersebut: output P akan On (1) jika sistem berada pada state S1 atau S2, dan seterusnya.

Perlu ditekankan disini bahwa perancangan sistem kontrol dengan menggunakan pendekatan diagram state ini umumnya bersifat subjektif dan memerlukan pemikiran dan kehati-hatian yang mendalam, sedangkan transformasi diagram state yang didapat kedalam ladder-nya dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan-pendekatan terstruktur dan sistematis yang akan dibahas belakangan. Salah satu keuntungan nyata perancangan program ladder dengan

menggunakan pendekatan ini adalah program lebih terstruktur sehingga mudah untuk merancang dan menganalisisnya.

Untuk sebuah proyek atau aplikasi sistem kontrol yang baru. Biasanya perancangan sistem dimulai dengan deskripsi operasi sistem kontrol yang diinginkan (umumnya berupa narasi). Deskripsi ini kemudian ditransformasikan kedalam state-state yang mungkin terjadi pada sistem tersebut (state-state ini umumnya dibuat berdasarkan kombinasi yang mungkin terjadi atau diharapkan pada output sistem kontrol tersebut), Langkah selanjutnya setelah state-state ini didapat adalah menggambarkan aliran logika operasi antara state ini sehingga membentuk diagram state lengkap. Untuk lebih jelasnya perhatikan permasalahan sistem kontrol konveyor berikut ini (lihat contoh 1.6): Rancanglah sistem kontrol konveyor seperti terlihat pada gambar 7.4 dibawah ini sehingga operasinya adalah sebagai berikut: Pada saat PB start ditekan, konveyor Box bergerak. Setelah terdeteksi kehadiran Box (Sensor SE B On), konveyor Box ini berhenti dan konveyor apel bergerak. Sensor SE A akan menghitung sampai 12 apel setelah itu konveyor apel berhenti dan konveyor Box berjalan lagi. Counter akan direset dan operasi akan terus berulang sampai PB Stop ditekan.



Gambar 7.4. Sistem konveyor untuk pengepakan

Untuk menyelesaikan permasalahan diatas langkah pertama adalah mengidentifikasi masukan dan keluaran sistem tersebut, dalam hal ini ada empat buah masukan dan dua keluaran:

Input

PB Start : Push Button Untuk memulai proses (NO)

PB Stop : Push button untuk menghentikan operasi (NO)

SE A : Sensor kehadiran Apel (NO)

SE B : Sensor Kehadiran Box (NO)

Output

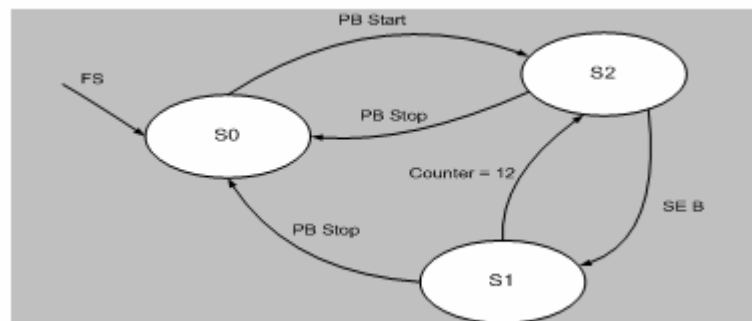
RMA : Relay penggerak motor konveyor Apel (NO)

RMB : Relay penggerak motor konveyor Box (NO)

Dalam kaitannya dengan kombinasi output yang mungkin terjadi untuk permasalahan diatas pada dasarnya hanya ada tiga buah state yang relevan: Kedua konveyor mati (State 0), konveyor apel bergerak sedangkan konveyor Box mati (State 1), dan konveyor apel mati sedangkan konveyor Box hidup (State 2). Perhatikan bahwa untuk kasus sistem kontrol yang diharapkan diatas tentunya tidak mungkin kedua konveyor tersebut hidup. Untuk lebih ringkasnya kita gambarkan keadaan-keadaan keluaran untuk setiap state tersebut kedalam bentuk tabel seperti dibawah ini:

State	RMA	RMB
S0	0	0
S1	1	0
S2	0	1

Langkah selanjutnya adalah menuliskan aliran logika antara state ini: Ketika sistem kontrol (misal dalam hal ini PLC) dihidupkan (Power On: FS) maka sistem akan menuju state 0 (kedua motor mati), dalam keadaan ini sistem akan menuju state 2 (motor konveyor box: RMB hidup) hanya jika kita tekan tombol PB Start. Sistem akan tetap berada pada state 2 sampai terdeteksi kehadiran Box oleh sensor (SE B On). Jika terdeteksi adanya Box maka sekarang sistem akan menuju state 1 (motor konveyor apel: RMA bergerak). Motor apel ini akan tetap terus bergerak sampai terhitung 12 buah apel oleh counter lewat SE A, setelah mencapai hitungan 12 sistem kembali ke keadaan state 2 dan seterusnya. Untuk tiap keadaan state, tombol PB Stop akan membuat sistem menuju state 0. Atau jika kita gambarkan diagramnya maka akan nampak seperti gambar 7.5 berikut ini:



Gambar 7.5. Diagram state kontrol Konveyor

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, setelah diagram state yang menggambarkan operasi kontrol didapat maka dengan menggunakan pendekatan-pendekatan terstruktur kita dapat secara langsung mentransformasikannya kedalam bentuk diagram ladder PLC-nya. Hal ini selengkapnya akan dibahas dibawah ini.

BAB 8

ELEMEN -ELEMEN UMUM SERTA ASPEK KEAMANAN DALAM PERANCANGAN DIAGRAM LADDER

Tujuan utama sistem kontrol proses di industri pada umumnya adalah menghasilkan sebuah produk dari serangkaian input bahan mentah. Biasanya proses ini banyak melibatkan operasi atau langkah-langkah yang harus dilalui tahap demi tahap. Dalam hal ini, misal langkah C akan dilakukan jika proses telah menyelesaikan langkah B, sedangkan langkah B tidak akan dimulai jika langkah A belum selesai, dan seterusnya. Dalam banyak kasus, langkah-langkah dalam kontrol proses ini umumnya selalu berulang, artinya setelah langkah terakhir dilakukan maka operasi akan dimulai lagi pada langkah awal secara otomatis sampai kondisi yang diharapkan tercapai.

Seperti yang telah disinggung pada bab sebelumnya, perancangan sistem kontrol untuk kasus-kasus sekuensial ini umumnya relatif sukar dilakukan jika dibandingkan dengan perancangan kontrol untuk kasus sistem kombinatorial. Hal ini dikarenakan selain secara praktis jumlah input/output yang terlibat dalam sebuah proses umumnya relatif banyak, juga kondisi sebuah variabel output proses pada satu saat biasanya tidak hanya ditentukan oleh kombinasi dari input proses pada saat itu, tetapi tergantung juga pada kondisi input-input proses sebelumnya, bahkan dalam banyak kasus kondisi output ini sering juga tergantung pada kondisi beberapa variabel output lain.

Perancangan sistem kontrol yang akan diimplementasikan dengan komponen-komponen elektromekanis maupun dengan komponen *solid state* (misal PLC) untuk fungsi yang sama pada dasarnya dapat berbeda satu dengan yang lainnya. Dalam hal ini umumnya tidak ada metoda yang paling benar untuk merancang sistem kontrol untuk sebuah proses. Tetapi biasanya terdapat cara yang lebih baik diantara beberapa pilihan yang mungkin kita lakukan. Untuk proses-proses yang relatif sederhana, pada dasarnya kita dapat saja secara langsung menyusun atau merancang diagram ladder pengontrolnya berdasarkan deskripsi proses yang diharapkan. Sedangkan jika proses yang akan dikontrol itu relatif rumit, maka perancangan diagram ladder-nya akan sangat sulit dilakukan jika tidak menggunakan metoda atau langkah-langkah terstruktur seperti telah dijelaskan pada bab 6 dan 7.

Khusus dalam bab ini akan dibahas elemen-elemen dasar yang umum dijumpai dalam sebuah diagram ladder praktis, baik untuk tujuan analisis maupun untuk perancangan. Sedangkan dalam bagian akhir bab ini, kita juga akan membahas prosedur yang dapat dijadikan acuan dalam perancangan sistem kontrol secara umum terutama kaitannya dengan masalah keamanan.